

Jussi Paasikivi

Ovijärjestelmätuotannon menetelmäkehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

30.9.2016

Tekijä Otsikko	Jussi Paasikivi Ovijärjestelmätuotannon menetelmäkehitys
Sivumäärä Aika	33 sivua 30.9.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Toimialajohtaja Tomi Ojala, PMC Polarteknik Oy Ab Lehtori Heikki Paavilainen, Metropolia
<p>Tämä insinöörityö tehtiin PMC Polarteknik Oy Ab:n Door Systems -divisioonan Huittisten yksikölle. Tehdas kuuluu PMCgroup-konserniin, ja Huittisten yksikkö on keskittynyt ovijärjestelmätuotantoon sekä pneumatiikkatuotantoon.</p> <p>Insinöörityön päätavoitteena oli kehittää yrityksen ovituotannon eri työvaiheiden työmenetelmiä ja luoda ovituotantoon työohjeistusta. Työssä selvitettiin AviX-ohjelman soveltuvuutta yrityksen kokoonpanotyön kehittämiseen sekä prosessien havainnollistamiseen ja kehittämiseen. Lisäksi työn tavoitteena oli tuoda Lean ja 5S-käsitettä tunnetuksi yritykselle, sekä tutkia ja selkeyttää työtehtäviä, jotta tuotannon läpimeno saadaan selkeämmäksi ja tehokkaammaksi.</p> <p>Työohjeiden laadintaprosessin tuloksena voidaan todeta, että työohjeiden tulee olla: helpokäyttöisiä, niiden tulee tukea kokoonpanotyötä, työergonomiaa, läpimenoaikojen lyhentämistä ja laatuvirheiden eliminointia, sekä mahdollistaa systemaattisen palautteen antaminen kokoonpantavuudesta suunnittelulle. PMC Polarteknikissä tehdyn kokoonpanotyön kehittämisen pohjalta voidaan todeta, että AviX soveltuu hyvin kokoonpanotöiden kehittämiseen ja havainnollistamiseen. Työmenetelmien kehittämisessä löytyy rajattomasti eri parannusmahdollisuuksia. Niissä voidaan huomioida AviXilla muun muassa tuottavuutta, järjestelmällisyyttä, siisteyttä, turvallisuutta ja ergonomiaa. AviX-ohjelma on hyödyllinen tuki myös Lean- ja 5S-menetelmien käytössä.</p> <p>Insinöörityön tulosten perusteella AviX-ohjelmisto havaittiin yritykselle hyödylliseksi työkaluksi kokoonpantavuudessa ja tuotannon kehittämisessä. Tuotantomenetelmien kehittämisessä oli kuitenkin tiettyjä haasteita, jotka ilmenivät työohjeiden laadinnan yhteydessä. Insinöörityön tutkimuksen pohjalta esitetään näihin ongelmiin ratkaisuja. Ennen työohjeiden laadintaa tulisi ensin tehdä laajempaa tutkimusta työvaiheista, työmenetelmistä ja työjärjestyksestä. Työohjeiden luontiin tulisi valita useampi henkilö. Kaikkiin AviX-ohjelman eri osioihin tulisi panostaa. Tuotannon tulosten tutkiminen tulisi olla tärkeä osa tuotannon kehittämistä. Sekä jatkuvan parantamisen suunnittelussa olisi tärkeää jakaa vastuualueet useammalle henkilölle ja varmistaa tuotannon kehittämisen jatkuvuus.</p>	
Avainsanat	Menetelmäkehitys, työohjeistus, tuotannon kehitys

Author Title	Jussi Paasikivi Method Development of Door System Production
Number of Pages Date	33 pages 30 September 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical engineering and production technology
Specialisation option	Production Technology
Instructors	Tomi Ojala, Division Manager, PMC Polarteknik Oy Ab Heikki Paavilainen, Senior Lecturer, Metropolia
<p>This Bachelor's thesis was carried out for PMC Polarteknik Oy Ab and its Door Systems Division's Huittinen unit. The factory belongs to the PMC Group, and the Huittinen unit focuses on the production of door systems and pneumatics production.</p> <p>The main objective of the thesis was to develop working methods for different work phases in the company's door production. Furthermore, the goal was to create work instructions for door production. In the thesis, the suitability of the AviX software was reviewed for the development of the company's assembly work, as well as for the purpose of visualising and developing the processes. In addition, the aim of the thesis was to make the Lean and 5S concepts familiar to the company, as well as to review and clarify work duties so that the lead of production can be made more clear and efficient.</p> <p>As a result, it can be stated that the work instructions should be easy to use, and they must support the assembly work, occupational ergonomics, the reduction of lead times and the elimination of quality defects, as well as enable the provision of systematic feedback on assembly for design purposes. It can be stated that AviX is well suited for the development and visualisation of assembly work. There is an unlimited number of improvement possibilities in the development of working methods. AviX can be used in them to take, for example, productivity, organisation, tidiness, safety and ergonomics, into consideration. The AviX software is also a useful support in the utilisation of Lean and 5S methods.</p> <p>In conclusion, the AviX software was found to be a useful tool for the company in the development of assembly and production work. There were, however, certain challenges in the development of production methods which became apparent in connection with the creation of the work instructions, and solutions are presented to these problems. Furthermore, it can be suggested that wider research on the work phases, working methods and work organisation should be carried out. Several people should be appointed for the creation of the work instructions. Attention should be paid to all sections of the AviX software. Researching the results of production should be an important part of the production development. It is also important that in the planning of continuous improvement, responsibilities are appointed to several people and the continuity of production development is ensured.</p>	
Keywords	Method development, work instructions, production development, door systems

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoitteet	1
1.2	PMC Polarteknik Oy Ab	2
2	Tuotannon kehityksen työkalut ja menetelmät	3
2.1	AviX-työkalu	3
2.1.1	AviX Method	4
2.1.2	AviX FMEA	4
2.1.3	AviX DFX	5
2.1.4	AviX SMED	6
2.1.5	AviX Balance	7
2.1.6	AviX Ergo	7
2.2	Tuotannon kehityksen tukena käytettyjä menetelmiä	8
2.2.1	Lean	8
2.2.2	Kahdeksan hukkaa	9
2.2.3	5S-menetelmä	11
3	Työn eri vaiheet	12
3.1	Lähtökohtien kartoittaminen	12
3.1.1	Työvaiheet	13
3.1.2	Kokoonpanotyöt	13
3.1.3	Ovilehtien kokoonpano	13
3.1.4	Ovikoneistojen kokoonpano	13
3.1.5	Tarkastustyöt	14
3.1.6	Saapuvan tavaran tarkastus	14
3.1.7	Valmiiden tuotteiden lopputarkastus	14
3.1.8	Ovikoneistojen lopputarkastus	14
3.1.9	Ovilehtien lopputarkastus	15
3.2	Työohjeiden luonti yritykselle	15
4	Työn tulokset	22
4.1	Ohjeiden helppokäyttöisyys	22
4.2	Kokoonpanotyön tukeminen	22
4.3	Ergonomian huomiointi	23
4.4	Läpimenoajan lyhentäminen	23
4.5	Laatuvirheiden eliminointi	23

4.6	Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö	24
4.7	Avixin soveltuvuus kokoonpanotyöhön	24
5	Tulosten jatkokehitysmahdollisuudet	25
5.1	Tuotannon kehittämismahdollisuuksien havainnollistaminen ja tutkiminen	25
5.2	Työvaiheiden tutkiminen ja kehitys ennen työohjeiden luontia	28
5.3	Tuotannon kehittäminen ja tarvittavien muutostöiden selvittäminen	28
5.4	AviX-ohjelman laajemmat käyttömahdollisuudet	29
5.5	Jatkuvan parantamisen ylläpitäminen	29
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	33

Lyhenteet

BOM	Bill of Material, tuotteen materiaaliluettelo.
DFA	Design for Assembly, kokoonpantavuuden huomiointi suunnittelussa.
DFM	Design for Manufacturing, valmistettavuuden huomiointi suunnittelussa.
DFX	Design for eXcellence, tuotteen kokoonpanoystävällisyys, huollettavuus.
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis, vika- ja vaikutusanalyysi.
JIT	Just in Time, juuri oikeaan aikaan..
KAIZEN	Jatkuva parantaminen.
SMED	Single Minute Exchange of Dies, nopea vakioasetus.
TPS	Toyota Production System, Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä, jota kutsutaan myös Lean-filosofiaksi.

1 Johdanto

Tämä insinöörityö tehtiin PMC Polarteknik Oy Ab:n Door Systems -divisioonan Huittisten yksikölle. Tehdas kuuluu PMC Group-konserniin, ja Huittisten yksikkö on keskittynyt ovijärjestelmätuotantoon sekä pneumatiikkatuotantoon.

1.1 Työn tavoitteet

Insinöörityön päätavoitteena oli tutkia yrityksen ovituotannon eri työvaiheiden työmenetelmiä ja luoda ovituotantoon työohjeistusta AviX-ohjelmaa apuna käyttäen. Tarkoituksena oli selvittää myös AviX-ohjelman soveltuvuutta kokoonpanotyön kehittämiseen sekä siihen, kuinka ohjelmaa pystytään hyödyntämään prosessien havainnollistamiseen ja kehittämiseen. Lisäksi tavoitteena oli tuoda Lean ja 5S-käsitettä tunnetuksi yritykselle, sekä tutkia ja selkeyttää työtehtäviä, jotta tuotannon läpimeno saadaan selkeämmäksi ja tehokkaammaksi.

Insinöörityöntöön tarkoituksena oli toteuttaa laajat tutkimukset yrityksen tuotannonkehitystarpeista ja AviX-ohjelman soveltuvuudesta sekä ohjelman muokattavuudesta. AviX-ohjelmalla työohjeita kehittäessä on mahdollista havaita useita muita eri tarpeita tuotannon työmenetelmien kehittämiseen sekä työturvallisuuteen. Ennakko-oletuksena oli, että työohjeita kehittäessä selviää myös muita mahdollisia tarpeita ovituotannon kehittämiseen. Insinöörityössä layout-muutosten tarve osoittautuikin todella tarpeelliseksi, mistä huomiosta alkoi kehittyä myös layout-muutosten suunnittelu saapuvan tavaran päästä lähettämöön ja sieltä pakkaukseen asti.

Tämä valittiin insinöörityölle aiheeksi koska yritykset tarvitsevat jatkuvasti tuotannon parannusmahdollisuuksien selvittämistä ja kehittämistä sekä niiden ylläpitämistä, jotta ne pystyvät parantamaan kilpailukykyään. Tärkeimmiksi kehittämisen kohteiksi PMC Polarteknikillä havaittiin työohjeiden laadinta: työmenetelmien tutkinta ja tarpeellisten muutosten toteuttaminen, työohjeiden luonti AviX-ohjelmalla sekä jatkuvan kehittämisen ylläpitäminen.

1.2 PMC Polarteknik Oy Ab

PMC Polarteknik valmistaa ja toimittaa hydraulikan ja pneumatiikan järjestelmiä ja komponentteja koneenrakentajille, valmistavalle teollisuudelle ja koneurakoitsijoille. Polarteknikin tuotevalikoima koostuu järjestelmistä ja lukuisista laadukkaista merkkituotteista sekä oman tuotekehityksen tuloksena syntyneistä sovelluksista.

Yrityksen toiminta perustuu yli 35 vuoden kokemukseen, hydraulikan ja pneumatiikan tuntemukseen, innovatiiviseen suunnitteluun, laadukkaaseen tuotantoon sekä asiakkaan tuotteet ja toimintaympäristön tuntevan myyntihenkilöstön osaamiseen. Yrityksen kohdemarkkinoita ovat liikkuvan kaluston järjestelmät, teollisuus, energia, Marine- ja Offshore-ratkaisut, ovijärjestelmät ja huolto.

Huittisissa valmistetaan ovijärjestelmät, ja yksikkö on Euroopan johtavia junien ovijärjestelmien ja väliseinien toimittajia. Palveluportfolioon kuuluvat suunnittelu-, asennus- ja käyttöönottotuki, huolto, modernisoinnit, varaosat ja tekninen tuki kaluston kaikissa elinkaaren vaiheissa. Huittisissa Polarteknik myös suunnittelee, valmistaa, markkinoi ja myy hydraulikka- ja pneumatiikkatuotteita ja palveluita sekä toimittaa asiakkaalle sellaisia tuotteita ja palveluita, joiden avulla asiakas voi toimia kilpailukykyisesti. Lisäksi Polarteknik tarjoaa täydelliset huolto- ja elinkaari palvelut asennuksesta ja käyttöönotosta ennakoivaan huoltoon, modernisointeihin ja varastopalveluihin.

2 Tuotannon kehityksen työkalut ja menetelmät

AviX on tuotannon ja tuotteidenkehitykseen ja -ohjaukseen tarkoitettu ohjelmisto, jonka avulla voi analysoida, simuloida ja optimoida tuotteen eri vaiheiden tuotannollisia asioita (1). AviX-ohjelmalla voidaan nopeuttaa tuotannon ja tuotteiden kehitystä video-analyysin ja visualisoinnin avulla.

Tuotannon kehittämisprosessin tukena on tarkoitus hyödyntää Lean-työkalua 5S. Nämä työkalut kasvattavat oikein käytettynä työn tuottavuutta, laatua, turvallisuutta ja kontrollia. Oikein käytettynä näillä menetelmillä hukat, virheet, tapaturmat ja ongelmat vähenevät merkittävästi.

2.1 AviX-työkalu

Tässä työssä tuotantomenetelmiä lähdettiin tutkimaan ja kehittämään AviX Method-ohjelmistotyökalun avulla. AviX-ohjelmalla voi tukea tuotantotekniikan työtä, joka sisältää useita moduuleja, joiden kaikkien tavoitteena on parantaa käyttäjän kilpailukykyä, tuotteita ja prosesseja. AviX parantaa tietämystä omista tuotteista sekä prosesseista tarkemmaksi ja paremmaksi. Se on videopohjainen ohjelmistotyökalu, joka on luotu edistämään omien tuotteiden ja tuotantomenetelmien kehittämistä.



Kuva 1. AviX-logo.

Seuraavissa luvuissa on avattu AviX-ohjelmien eri käyttömahdollisuuksia tuotantoon, tuotekehitykseen, ostoon, logistiikkaan, huoltoon, kunnossapitoon, laatuorganisaatiolle, työohjeiden tekijöille, työsuojeluun, kehittäjille ja kouluttajille.

2.1.1 AviX Method

Työvaiheiden sekventiaalinen kuvaus (time and motion) on yleinen lähestymistapa tuotantolinjaa analysoitaessa. Tällöin työtehtävät kirjataan ylös, ja niiden eri osavaiheet eritellään tarkoituksenmukaisiin osiin ja vaiheiden ajankesto kirjataan ylös. AviX Method -ohjelmistokomponenttia käytetään näiden tietojen tallentamiseen. (2) Yleensä työvaihe videokuvataan, ja ohjelman video-osassa video jaetaan eri sekvensseihin, jotka nimetään, ja ohjelma mittaa automaattisesti niiden keston (3).

Ohjelmalla saadaan yksityiskohtaista tietoa tuotannon työpisteistä ja tuotantolinjoista. Näistä saadaan selville tietoa, jota voidaan hyödyntää jatkuvassa parantamisessa, kustannuslaskennoissa, vaiheistuksissa ja investointipäätöksissä. Ohjelman tavoitteena on tuottaa hyötyjä yritykselle, lisätä tuottavuutta, tunnistaa potentiaalisia parannuskohteita, minimoida hukkaa, lyhentää tahtiaikoja, sekä saada aikaan hyvät työohjeet. Ohjelmalla voi myös selvittää, missä kohdassa käytetään eniten resursseja. Tämän tarkoituksena on löytää kohtia, joiden parantamisesta on eniten hyötyä. Videoteknologiaa käyttämällä analysointia saadaan nopeutettua ja sen tuloksia on tehokkaampaa esitellä kuin ennen. Ohjelmassa käytettäviä värejä on mahdollista hyödyntää ja havainnollistaa muille. Sitä kautta jatkuvaan parantamiseen on suurenkin ryhmän helppo osallistua.

Työsuorituksen määrittämiseen voi käyttää myös 3D-simulaatiota. Työvaihetta voi silloin analysoida, simuloida ja optimoida jo ennen kuin kokoonpanopiste on saatettu tuotantokelpoiseksi. Videota tai 3D-simuloitua videota voi käyttää myös opettamiseen ja dokumentointiin. (1)

2.1.2 AviX FMEA

Vikojen ja niiden uhkien/esiintymistiheyksien analyysi seurauksineen on tärkeä osa suunnitteluprosessia. "Ennen vanhaan" vika-analyysi oli usein vain tuotteen asiakkaalla tapahtuneen vikaantumisen korjaamista. FMEA (Failure mode and effects analysis, virhetila- ja vaikutusanalyysi) -prosessissa yritetään ennakoida virheen esiintymismuodot sekä niiden vaikutus ja vakavuus. FMEA:han kuuluu myös insinööritieteiden ulkopuolisia pohdintoja, kuten vahingonkorvausvaatimusten, terveyteen kohdistuvien uhkien ja "inhimillisten virheiden" vaikutukset ja ilmenevyydet. (4)

AviX FMEA auttaa löytämään ja analysoimaan kokoonpanon riskejä. AviX Methodiin syötetään mallit, joissa työvaiheista luodaan kuvaukset, joihin voi liittää kokoonpanovaiheista kuvattuja tai tietokoneen luomia 3D-simulaatiovideoita, mikäli 3D-simulaation vaatiman työvaiheen 3D-mallinnus syötetään sisään. Tehokkuutta optimoidaan esimerkiksi virheitä, ergonomiaa, hukkatyötä ja pullonkauloja analysoimalla.

FMEA-analyysin voi tulostaa valmiiden määrämuotoisten raporttien muodossa (Action Reports). Tämä vähentää koko FMEA-prosessin vaatiman organisoinnin työmäärää ja monimutkaisuutta. Raportointi on automaattista, ja sen voi kohdentaa raportin saajalle soveltuvassa muodossa. Esimerkiksi eräs raporttityyppi soveltuu sellaisenaan kokoonpanopisteellä havaittujen muutosten läpivientiin.

2.1.3 AviX DFX

DFX (Design for Excellence) on sateenvarjotermi metodeille, joiden pyrkimys on yksinkertaistaa tuotteiden kokoonpanoa ja alentaa valmistuskustannuksia. DFX pitää sisälleen mm. DFA:n (Design for Assembly, kokoonpantavuus) ja DFM:n (Design for Manufacturing, valmistettavuus).

DFA tarkoittaa, että työvaiheiden vaikeus, määrä ja ajankulutus yritetään minimoida. Tämä helpottaa usein myös laitteen huollettavuutta (5). Myös komponenttien inhimillinen väärin asettaminen pitää ottaa huomioon. Keskeislomittuvat yhteenliittämiset vähentävät tarvittavaa dokumentaatiota, koska muutoin huomattu mahdollisuus väärälle asennukselle pitää erikseen mainita kokoonpano- tai testausdokumentaatiossa (6). Säättäminen lisää työvaiheena kokoonpanon monimutkaisuutta, minkä takia virityksen ja kalibroinnin poistaminen on eräitä DFX-suunnittelun periaatteita.

DFM on usein päällekkäinen DFA:n metodien kanssa DFA:n keskittyessä enemmän kokoonpanoon. DFM:ään voidaan laskea se, että käytetään standardiosia, jolloin tuotanto pysähtyy vähemmän todennäköisesti komponenttien toimitusongelmiin. (5) Tuotteen osien lukumäärän minimointi ja kokoonpanon yksinkertaisuus ovat nykyään perusperiaatteita massavalmistuksessa. Usein myös kuulee sanottavan, että tuotteen vaatimien osien lukumäärän kasvattaminen lisää mahdollisten vikapaikkojen määrää vastaavasti. Pienempi osien lukumäärä pienentää tarvittavien varaosien ja varaston kokoa.

Tuotteiden suunnittelu jo alun perinkin kokoonpanotyön yksinkertaisuusmielessä lisää tehokkuutta ja myöhemmin huollettavuutta. Joskus kolmannen tahon valmistaman valmiin komponentin käyttäminen suunnittelussa voi vähentää talon oman väen asiantuntijuuden tarvetta ja riskejä.

AviX DFX -ohjelman käyttäjiä on monessa tuotteen elinkaaren vaiheessa suunnittelijoista kokoonpanijoihin ja pakkaajiin. AviX-ohjelmisto jakaa tehokkaasti eri käyttäjäryhmien sisäänsyöttämän tiedon. "Useammilla silmillä" katsottuna designin keskinäiset ristiriitaisuudet on mahdollista ennakoida tehokkaammin. (7)

AxiX DFX tarjoaa tuen modulaariselle suunnittelulle. Tällöin samankaltaiset tuotevariatiot ovat yhden rajapinnan takana suunnittelusta. Ohjelma on neuvova ja itseohjautuva (guidance interface), ja se ohjaa syöttämään suunnittelijan valitseman projektityypin mukaisia tietoja. Ohjelmaan voi havainnollisuuden nimissä liittää kunkin tahon luomaa omaa tietoa tai materiaalia, esim. kuvia ja videota. (7)

DFX-analyysi poistaa turhaa työtä ja parantaa tehokkuutta ja sujuvuutta sekä toimii apuna laadun varmistamisessa. Tuotteen kokonaisvalmistuskustannusta voidaan arvioida AviX DFX -ohjelmalla. (7)

2.1.4 AviX SMED

SMED (Single-Minute Exchange of Die) on ns. lean-metodi. Lean pyrkii siihen, että oikea määrä oikeanlaatuisia oikeita asioita saadaan oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan ja oikean laatuksena (8).

Kun tuotantolinja vaihtaa kokoonpantavaa tuotettaan seuraavaksi, tuotantolinjaa pitää muuttaa uuden tuotteen vaatimusten mukaiseksi. Muutos voi olla vaikkapa sitä, että vaihdetaan alumiinityökalut teräkselle soveltuvaksi, mikä laskee prosessin lämpötilaa ja kalibroi toiminnan tämän jälkeen tai vaihtaa tuotteen pakkausmateriaalia. SMED pyrkii virtaviivaistamaan näitä kokoonpanolinjaan tehtäviä muutoksia vaihdettaessa tuotannossa olevaa tuotetta seuraavaan. (9) Tämä vaihto eli asettaminen vie aikaa. Asettaminen jaetaan kahteen tyyppiin: sisäinen asettaminen (internal setup), jossa tuotantolinja pysähtyy, sekä ulkoinen asettaminen (external setup), jolloin tuotantolinjaa ei tarvitse pysäyttää.

AviX SMED on pyritty tekemään erityisen helppokäyttöiseksi ja intuitiiviseksi, jolloin ohjelma ei tarvitse käyttäjältään erityistä osaamista (10). Ohjelma tulostaa kuvitetut ohjeet asetuksen eri työvaiheista, mikäli tietoja on tälle asteelle syötetty ohjelman sisään.

2.1.5 AviX Balance

Tuotantolinjoja pitää kuormittaa tasaisesti. Resursseja ei saisi olla jouten, muttei myöskään liian suuren työtaakan alla. (11) AviX Methodissa sisään syötetty työntekijöiden ja tuotantolinjan kuvaus aikamääreineen toimii AviX Balancen tietojen pohjana. Ohjelmisto pystyy simuloimaan erilaisia tilanteita, joten haluttuja mahdollisia kokoonpanolinjoja voidaan testata ohjelman sisällä ilman niiden rakentamista. AviX Balance tuottaa haluttaessa dokumentaation tuotantolinjasta tietyn tasoisena, eli se toimii koko prosessin ja tuotantolinjan rakenteen kuvaamisen apuna.

Erityisesti mainitaan, että ohjelma ottaa huomioon tehtaan eri ryhmien havainnot kokoonpanolinjojen asioista ja pyrkii olemaan tässä suhteessa helppokäyttöinen (12).

2.1.6 AviX Ergo

Ergonomia ja työhyvinvointi lisäävät tuottavuutta (13). AviX Ergo pyrkii lisäämään työntekijän työmyöryyden toimistossa ja tuotannossa. Näihin kuuluvat paitsi toistuvien liikkeiden ja työasentojen tuomat haasteet, myös psykologiset aspektit.

Ohjelman käyttöliittymä perustuu kuvattuun videoon työsuorituksesta. Ohjelmassa liikkeet jaotellaan kahdeksaan eri kategoriaan. Työsuorituksen tekijä on prosessissa mukana ja täydentää tietoja omalta osaltaan. (14) Ohjelma tarjoaa apuvälineitä sitä käyttävien ihmisten väliseen viestintään. Se pystyy tuottamaan työtehtäviin liittyvää opetusmateriaalia. Kuten yleensäkin AviX-ohjelmistoperheen tapauksessa, huomattujen puutteiden korjaukset voidaan nopeasti päivittää ja toimittaa kohteeseen.

2.2 Tuotannon kehityksen tukena käytettyjä menetelmiä

Selvitettyäni AviX-työkalun käyttömahdollisuuksia kokoonpanotyön kehittämisessä, sekä tuotantoprosessien havainnollistamisessa ja kehittämisessä. Tutkin lisäksi tuotannon kehittämisen perusteena hyödynnettäviä Lean-työkalua ja 5S-menetelmää.

2.2.1 Lean

Lean on sai alkunsa Japanista. Se on Toyotan autoteollisuudesta tuleva yrityskulttuuri ja prosessinjohtamisen filosofia. Se yhdistetään usein Toyotan tuotantojärjestelmään (TPS - Toyota Production System), jonka monet perusperiaatteet perustuvat Sakichi Toyodan (1867-1930) työtapoihin. Japanilainen Sakichi Toyoda varttui köyhässä perheessä. Hän kiinnostui jo nuorena automaattisesta tuotantotekniikasta ja aikuisena hänestä tuli ”japanilaisten keksintöjen kuningas” sekä japanilaisen teollisuusvallankumouksen ja Lean:in isä. Hän perusti suuryrityksen - autovalmistaja Toyota Industries:in. Toyotan johtamisfilosofia tunnetaan nykyisin Lean-menetelmänä. Lean on tullut länsimaissa tunnetummaksi käsitteenä ”The Machine That Changed the World” -kirjasta. (15)

50-luvulla Eiji Toyoda (1913-2013), Toyotan Motor Corporationin tuleva johtaja, antoi nuorelle insinöörille Taijihi Ohnolle (1912-1990) tehtäväksi parantaa Toyotan tuottavuutta. Yrityksen tuottavuutta vaikeutti vähäinen pääoma ja yrityksen laitekannan vanhanaikaisuus. Toyotalla oli jo käytössä jidoka ja JIT toimintatapoja, mutta vasta Ohno sai ne yhdistetyksi samaan järjestelmään. Ohnon vieraili 1953 Fordin tehtailla joilla hän tutki amerikkalaisia tuotantomenetelmiä. Suuren inspiraation Ohnolle antoi amerikkalaisten supermarketkulttuuri, jossa asiakkaat kulkevat ja ottavat tuotteet, jonka jälkeen henkilökunta täydentää tavaravajeen. Ohno havainnoi, että tavaratalot ovat käytännössä hyvin ylläpidettyjä varastoja, jossa lähtevä ja saapuva tavara ovat tasapainossa eikä tilaa hukata pitkäaikaiseen varastointiin. Tämän ajatuksen perusteelta hän kehitti kanban- eli imuohjaus-käsitteen, jossa tavaraa tuotetaan silloin, kun sitä tarvitaan. Lisäksi Ohno kehitti lisäyksen aikaisemmin Kiichiro Toyodan kehittämään JIT- ja Kaizen-periaatteeseen amerikkalaisen laadunvalvonnan edelläkävijän William Edwards Demingin metodista, jossa jokainen työvaihe on aina edellisen työvaiheen asiakas. Näistä kaikista periaatteista muodostui Ohnon oma käsite TPS eli Toyota Production System. Koska Lean on tutkijoiden kopioima sekä kehittämä länsimainen versio TPS:stä, voitaisiinkin Ohnoa pitää myös Leanin isänä. (15)

Leanin ja TPS:n tarkoituksena on keskittyä toiminnan parantamiseen, hukan poistamiseen ja arvon lisäämiseen. Arvoa yritetään määrittää aina asiakkaan näkökulmasta. (16) Hukka voidaan jakaa kahdeksaan lisäarvoa tuottamattomaan hukan päätyyppiin, jotka koskevat liiketoimintaa ja valmistusprosessia. Lean perustuu pääpiirteittäin kahteen asiaan: virtauksen maksimointiin ja hukan minimointiin

2.2.2 Kahdeksan hukkaa

Käsite hukka on luotu ei arvoa lisäävien aikojen rinnalle. Lean-tuotannossa puheeksi tulee usein hukka, ja hukalle on olemassa Leanin perusteiden mukaan kolme muotoa jotka ovat muda, mura ja muri. Näitä kolmea japaninkielistä käsitettä ei suoranaisesti enää käytetä, vaan puhutaan yleisesti hukasta. Nämä tunnistetaan nykyään toisella tavalla ja nämä ovat osa Toyotan aikoinaan kehittämästä seitsemästä hukasta, joita on nykyään enemmän. (17)

Hukka on keino epäkohtien havainnollistamiseen. Hukan minimointi on välttämätön ja se tulee poistaa sieltä missä se estää arvon muodostumista. Hukaksi Lean-filosofiassa määritellään kaikki, mikä ei kasvata tuotteen tai toiminnan arvoa. Toyota on kehittänyt aikoinaan seitsemän hukan muotoa, joihin on myöhemmin lisätty kahdeksas hukan muoto.

Kahdeksan hukkatyyppiä:

1. **Ylituotanto:** Tuotetaan tavaroita ja palveluita yli tarpeiden. Näistä seuraa turhia henkilöstöjen palkkaamisia ja varasto sekä kuljetuskustannuksia.
2. **Odottelu:** Aikaa joka kuluu esimerkiksi koneiden, laitteiden tai käsittelyn, työkalujen ja komponenttien odottamiseen.
3. **Tarpeeton kuljettelu:** Ylimääräinen tavaroiden ja asioiden kuljettaminen ja siirtäminen ei ole arvoa tuottavaa. Hyvällä layout-suunnittelulla ja sen toteuttamisella voidaan vähentää kyseistä hukkaa.

4. **Ylikäsittely tai virheellinen käsittely:** Huono suunnittelu aiheuttaa tarpeettomia asioiden käsittelyjä, turhien töiden tekemistä ja niistä aiheutuvia taukoja. Hukkaa syntyy myös siitä, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita mitä vaaditaan. Kehno tuotesuunnittelu aiheuttaa helposti turhaa liikkumista ja virheitä tuotteisiin.
5. **Tarpeettomat varastot:** Ylituotanto, liikaa raaka-ainemateriaalia, keskeneräiset tuotteet, kuljetus ja varastointi, jotka aiheuttavat hukkaa.
6. **Tarpeeton liikkuminen:** Turhia liikkeitä ovat kaikki työntekijöiden tekemät ylimääräiset liikkeet työn aikana, kuten kaikki mahdollinen etsiminen, kurottelu, pinoaminen, kävely.
7. **Viat:** Viallisissa tuotteissa tai palveluissa on yleensä paljon suurempia laatuvirheitä kuin yleisesti on luultu. Viallinen tuottaminen, korjaaminen, pois heittäminen, ja tarkastus, tarkoittavat turhaa työtä ja hukan tarpeetonta käsittelyä.
8. **Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen:** Työntekijöiden ideoiden hyödyntämättä jättäminen. Työntekijöiden ideoita ei aina uskalleta tai osata kertoa. Kaikkia työntekijöitä pitää rohkaista kertomaan parannus tai kehittämisedotuksensa, niin työstä saataisiin helpompaa ja tehokkaampaa. (17)

Lean-tuotannon näkökulmasta tulee aina aluksi panostaa arvovirran tutkimiseen ja kartoittaa se koko prosessin läpi loppuun asti. Arvovirran reitti voidaan piirtää, sekä laskea aika ja kuljettu matka. Tällaisen harjoituksen osalta hämmästellään aina siitä saatua hyötyä ja lopputulosta, jopa sellaiset ihmiset jotka ovat suurimman osan työiästään työskennelleet samassa yrityksessä. (15) Hukan määrittelyistä havaitaan, että hukka on aina seuraus jostain ja sen tunnistaminen kertoo, että toiminnassa on ongelma.

2.2.3 5S-menetelmä

Tuottavuuden ja liiketoiminnan jatkuvaksi parantamiseksi on useita eri työkaluja ja toimintamalleja, joista useimmat ovat Lean:iin perustuvat ja lähtöisin Japanin autoteollisuudesta. Näistä työkaluista yksi on 5S, johon sisältyvät viisi eri vaihetta on esitetty kuvassa 2. (18) ; (19)



Kuva 2. 5S-menetelmän vaiheet.

5S-nimi tulee viidestä japaninkielisestä eri vaiheesta, joilla kehitetään jatkuvasti työympäristöä. 5S:n toteuttaminen tarkoittaa, että jokaisen työntekijän on osallistuttava siivoamiseen, järjestelyyn ja ennen kaikkea järjestyksen ylläpitämiseen.

5S:n osa-alueet:

1. Seiri (Lajittele)
2. Seiton (Järjestä)
3. Seiso (Puhdista)
4. Seiketsu (Standardoi)
5. Shitsuke (Ylläpidä)

Tavoitteisiin päästään noudattamalla mallin viittä eri vaihetta, joista kussakin keskitytään eri alueeseen. Jokaiseen vaiheeseen kuuluu saatujen hyötyjen ja mahdollisten parannusten arviointi, jonka jälkeen seuraa parannusten toteuttaminen ja ylläpitäminen.

3 Työn eri vaiheet

3.1 Lähtökohtien kartoittaminen

Työ aloitettiin Huittisissa PMC Polarteknikin tuotantotiloissa selvittämällä ovilehtien sekä ovikoneistojen tuotantomenetelmiä. Projektin lähtökohdat ovat sen tärkein osa, jotta työ lähtee hyvin käyntiin ja tuottaa haluttua tulosta. Aluksi yrityksessä tutkittiin materiaalivirtaa eli sitä, miten tavara saapuu tehtaaseen ja mitä eri vaiheita tapahtuu ennen kuin tavara lähtee kokoonpanoon sekä kokoonpanosta lopputarkastukseen, lopputarkastuksesta pakkaukseen ja valmiina asennettavaksi asiakkaille.

Alkututkimusten jälkeen selvitettiin tarvittavia layoutmuutoksia AviX-työohjepohjaan, joka soveltuisi ovituotantoon sekä pneumatiikkatuotantoon. Suunniteltiin työohjepohjaa yrityksen omiin tarpeisiin, jolloin sille muokattiin omat työohjepohjat. Työohjepohjaan haluttiin huomiosymboleille oma sijainti, sekä kuvien näkymää isommaksi. Kun saatiin työohjepohjan muutokset soveltumaan ovituotannon sekä pneumatiikkatuotannon tarpeisiin ja oltiin tyytyväisiä työohjepohjan muutosten hintoihin, pystyttiin etenemään projektissa.

Työohjeille luotiin vakio termejä sen mukaan, mikä työvaihe on jalostavaa, tarpeellista, odottamista tai hukkaa. Näiden neljän eri päätyövaiheen alle on tarkemmin sijoitettu tarkempia työvaiheita. Työohjeiden vakio termeillä ohjelman käyttöä saadaan selkeytettyä ja töiden tutkiminen ja valmistuksen jatkokehittäminen on tehokkaampaa.

Tuotteiden osista ja työkaluista on luotu Excel-taulukot, jotka ovat helppokäyttöisiä AviX-ohjelmassa. Kokoonpantavien tuotteiden BOM-osaluettelot otettiin pääasiassa suoraa tuotteiden piirustuksista. Ne avataan Excel-muodossa ja siirretään AviX-ohjelmaan. Tuotannon työkaluista luotiin manuaalisesti luettelo, joka siirrettiin ohjelmaan.

Työohjeiden sekä niissä käytettyjen videoiden, työkaluluetteloiden ja osaluetteloiden tallennustilat piti suunnitella tarkasti, jotta kaikki ohjelmassa käytettävä materiaali on helposti käytettävissä. Tähän tarvittava materiaali vaatii myös paljon tallennustilaa. Kun tallennus on suunniteltu huolellisesti, ohjelman muita osioita on helppo ottaa jatkossa käyttöön ja on helppo hyödyntää valmista materiaalia myös muissa ohjelman osioissa.

Kuvausta varten piti luoda omat sopimukset. Kuvausta koskeva sopimus ”Tiedonsaanti AviX-videoanalyysityökalusta” piti lukea ja merkata siihen kohdat, saako kuvauksesta kuvattua henkilöä tunnistaa vai ei, sekä allekirjoittaa sopimus.

3.1.1 Työvaiheet

Työvaiheita, jotka pitää ottaa huomioon, on tavaran saapumisesta eri kokoonpanotöiden kautta valmiiden tuotteiden lähtöön. Nämä kaikki vaiheet on pitänyt selvittää: miten työ tehdään ja miten tuotteiden materiaalit varastoidaan.

3.1.2 Kokoonpanotyöt

Tässä on tutkittu ovilehtien ja ovikoneistojen työvaiheita. Molempien työvaiheissa on useita eri osia, jotka on pitänyt ottaa tarkkaan huomioon. Ovilehtien ja ovikoneistojen työvaiheiden työjärjestykset ovat hyvin saman tyyppisiä.

3.1.3 Ovilehtien kokoonpano

Ovilehtien kokoonpanoalueen työpisteet on tehty soluiksi, joissa pystytään valmistamaan eri ovityyppejä alusta lopputarkastukseen asti. Työ aloitetaan hakemalla työkalukortti, josta selviää, mitä tuotteita on kyseessä ja kuinka paljon niitä tarvitaan. Työpidettä aletaan täyttämään työhön tarvittavilla osamateriaaleilla, jotka ovat lähes joka kerta erilaiset ovien mukaan. Kun kaikki materiaalit ovat valmiina, voidaan ovilehtien kokoonpano aloittaa. Tämän jälkeen valmiit ovilehdet jäävät odottamaan lopputarkastusta ennen pakkausta.

3.1.4 Ovikoneistojen kokoonpano

Ovikoneistojen kokoonpanoalueen työpisteet on tehty soluiksi, joissa valmistetaan erilaisia ovikoneistoja alusta lopputarkastukseen asti. Työ aloitetaan hakemalla työkalukortti, josta selviää, mistä ovikoneistoista on kyse, sekä työn kappalemäärä. Seuraavaksi poimitaan työvaunuun tarvittavat materiaalit. Sen jälkeen suoritetaan tarvittavat osakokoonpano ja esivalmistelut. Kun kaikki materiaalit ovat valmiina, voidaan ovi-

koneistojen kokoonpanotyö aloittaa, minkä jälkeen valmiit ovikoneistot jäävät odottamaan lopputarkastusta ennen pakkausta.

3.1.5 Tarkastustyöt

Tarkastuspisteitä on tuotannon molemmissa päissä: saapuvan tavaran tarkastus sekä valmiiden tuotteiden lopputarkastus ja testaus. Huolellisen tarkastustyön jälkeen tuotteet siirretään niille varattuihin paikkoihin odottamaan jatkotoimenpiteitä.

3.1.6 Saapuvan tavaran tarkastus

Saapuvan tavaran päässä tavarat otetaan vastaan ja asetetaan odottamaan tarkastusta niille varatuille paikoille. Tarkastusmenetelmiä on useita erilaisia tarkastusvaatimusten mukaisesti. Kaikista tuotteista tarkastetaan lähes kaikki mitat, pinnat, pinnan laadut, maalipintojen paksuudet ja värisävyt. Tarkastus tapahtuu tarkan ohjeistuksen mukaisesti jossa myös silmämääräiselle tarkastukselle on vaadittu tarkat kriteerit tietyltä etäisyydeltä vähintään 500 luxin kirkkaudessa.

3.1.7 Valmiiden tuotteiden lopputarkastus

Valmiit tuotteet tarkastetaan yksitellen todella tarkasti, ja tarkastustulokset kirjataan ylös ja tallennetaan niille suunnitelluille paikoille. Lopputarkastustulokset säilyvät tuotekohtaisesti. Jos tuotteessa ilmenee jokin ongelma, lopputarkastuspöytäkirjoista saadaan selville, kuka on suorittanut kokoonpanon ja kuka tarkastuksen sekä ketkä ovat suorittaneet pakkauksen. Näillä toimenpiteillä säilyy tarkka tieto tuotteen osista ja valmistuksesta alusta loppuun asti.

3.1.8 Ovikoneistojen lopputarkastus

Valmiit ovikoneistot siirretään kokoonpanopisteistä odottamaan siirtoa testaustiloihin. Testaustiloissa ovikoneistot testataan ja säädetään käyttövalmiuteen ja samalla suoritetaan tuotteiden lopputarkastus. Ovikoneistot asennetaan käyttöolosuhteita vastaavaan tilaan, minkä jälkeen ovikoneistojen voimat, herkkyudet ja nopeudet säädetään suoraan käyttövalmiuteen. Lopputarkastuksesta ja säädöistä täytetään tarkat lopputar-

kastuspöytäkirjat ovikoneistokohtaisesti, jotta tarkka tieto säilyy tuotteiden osista sekä kokoonpanijoista ja tarkastajista alusta loppuun asti.

3.1.9 Ovillehtien lopputarkastus

Kokoonpanopisteistä valmiit ovillehdet siirretään odottamaan siirtoa lopputarkastuspisteelle. Lopputarkastuksessa ovillehti asetetaan tarkastuspöydälle, minkä jälkeen tarkastetaan vaadittavat pituusmitat, momentit ja ovillehden suoruus. Ovillehtien lopputarkastuksesta täytetään tarkka lopputarkastuspöytäkirja ovillehtikohtaisesti, jotta tarkka tieto säilyy tuotteiden osista, kokoonpanijoista ja tarkastajista alusta loppuun asti.

3.2 Työohjeiden luonti yritykselle

Insinööriyön yhtenä tavoitteena oli laatia työohjeet PMC Polarteknikin ovituotantoon. Työohjeiden suunnittelu aloitettiin yrityksen ovituotannon nykytila-analyysillä. Työohjeiden laadinnassa selvisi jo alkuvaiheissa, missä tuotantoon liittyvissä asioissa ohjeistusta pystytään hyödyntämään. Prosessissa identifioitiin tuotannon eri vaiheita, jotka vaativat muutoksia mahdollisimman nopeasti. Tuotannon kehittämiseen syntyi heti työn alkuvaiheessa paljon mahdollisuuksia, joista tärkeimmät priorisoitiin insinööriyöntyön tavoitteiksi. Työohjeistuksen tavoitteena on kehittää ovituotantoa järjestelmällisesti askel kerrallaan.

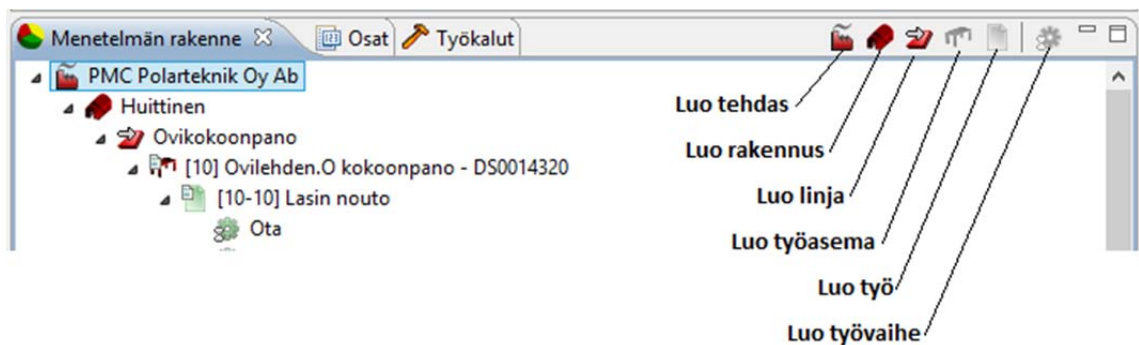
Kun ovituotannon lähtökohdat ja työvaiheet oli selvitetty, paneuduttiin seuraavaksi AviX-työkalun käyttömahdollisuuksiin kokoonpanotyön kehittämisessä sekä siihen, kuinka ohjelmaa pystytään hyödyntämään tuotantoprosessien havainnollistamisessa ja kehittämisessä.

Ohjeiden luonnin vaiheet

Kun tuotannonkehittämisen prosessin lähtökohdat olivat kunnossa, piti niiden lisäksi vielä tehdä sopimus videokuvauksia varten. Tehtiin sopimus "Tiedonsaanti AviX-videoanalyysityökalusta", joka kaikkien kuvattavien henkilöiden piti lukea ja allekirjoittaa ennen kuvausten aloittamista. Sopimuksesta selvisi, mihin videomateriaalia käytetään ja kuvattava sai itse päättää voidaanko kuvattava tunnistaa työohjeista vai ei. Laki vel-

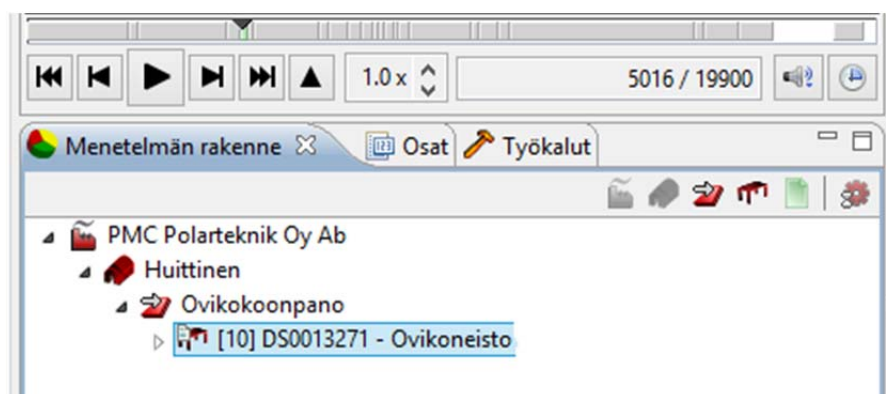
voittaa tekemään videokuvauksiin sopimuksen, josta pitää selvittää mihin videomateriaalia käytetään. Tässä työssä videomateriaalia käytettiin työmenetelmien kehittämiseen.

Kun sopimukset oli tehty kuvattavien kanssa, aloitettiin kokoonpanotöiden videokuvaukset. Aluksi videot tallennettiin niille suunnitelluille paikoille, ja sen jälkeen aloitettiin työohjeiden valmistus. Seuraavaksi siirrettiin videot AviX Method -ohjelmaan ja aloitettiin ohjeiden työstäminen ja tutkiminen. Ohjeiden peruskomponentit oli suunniteltu ja nimetty valmiiksi ennen ohjeiden luonnin aloittamista; tehdas, yrityksen yksikkö, tuotantolinja, työ ja työvaiheet. (Kuva 3.)



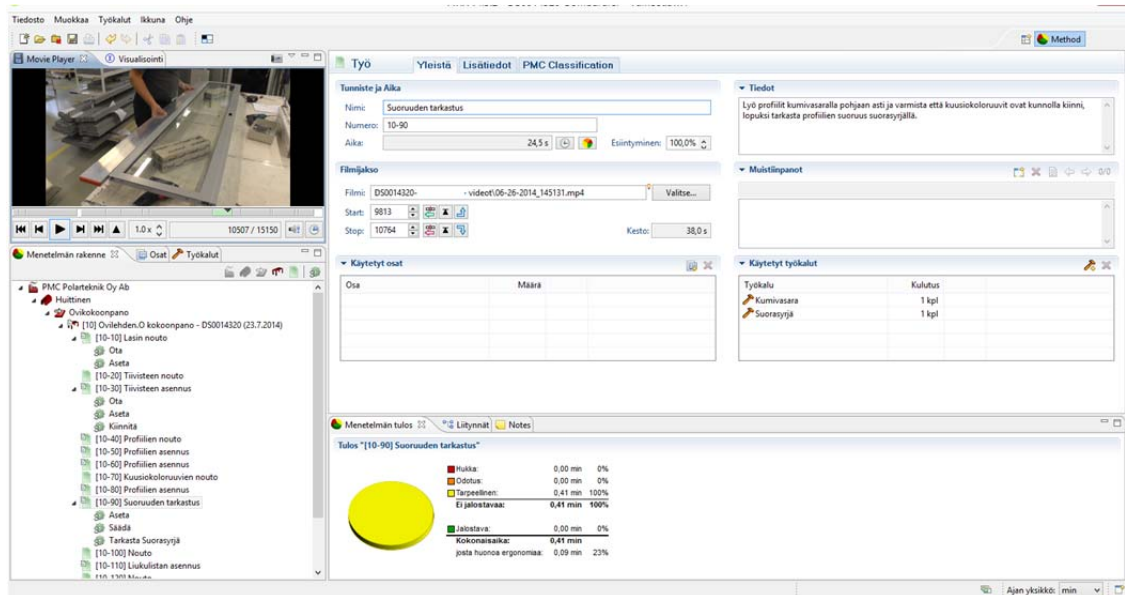
Kuva 3. AviX -Methodin rakennepuu

Kuvassa 4 näkyvät kohdat *Osat* ja *Työkalut*, niiden käyttö on hyvä suunnitella ennen työvaiheiden tutkimista tai ainakin ennen työohjeiden luontia. Tuotekohtaiset osaluettelot ovat helposti saatavilla suoraan tuotteiden suunnittelijoilta BOM-osaluettelosta Excel-muodossa, jolloin ne voidaan suoraan tuoda AviX:iin ja sen jälkeen ne löytyvät kohdasta *Osat*. Työkalut ja laitteet voidaan lisätä samalla tavalla BOM-luettelosta kohtaan *Työkalut*.



Kuva 4. Peruskomponentit suunniteltiin valmiiksi ennen ohjeiden luontia.

Tämän jälkeen videosta voidaan leikata *Työ*-osio, jossa jokaiselle työlle valitaan nimi ja sen jälkeen työlle lisätään tarvittavat osat ja työkalut. Kun työ-osiota halutaan tarkentaa, voidaan työ jakaa tarkempiin eri *Työvaiheisiin*. (Kuva 5.)



Kuva 5. AviX-Method käyttöliittymä

Kun työvaihe on leikattu videosta, se nimetään kohtaan *Nimi* ja sille kirjoitetaan tarvittava työnkuvaus kohtaan *Tiedot*. Samantyylliset työvaiheet tulee nimetä samalla nimityksellä, jotta niiden seuraaminen ja tutkiminen onnistuu (esimerkiksi *kiristä*, *kiinnitä*, *odota*).

Seuraavaksi valitaan vaiheaika: oliko työ hukkaa, odotusta, tarpeellista vai jalostavaa. Työvaiheeseen lisätään niissä käytetyt työkalut ja osat. Kohtaan *Muistiinpanot* voi lisätä itselle muistiinpanot, jotka eivät tule näkyviin työohjeeseen.

Kun kohta Työ on luotu, voidaan työn eri työvaiheita vielä jakaa tarkemmin ja tutkia tuotteen koko kokoonpanoprosessi. Vaiheista voidaan tarkastella eri toimintoja: liikkeiden määriä, liikkeiden pituuksia, voimankäyttöä ja seuraavasta kohdasta hukka-analyysiä: askel, taivutus, venytys, kiertoliike, voimankäyttö. Työvaiheita tutkimalla saadaan tarkka selvitys, mitä toimintoja missäkin työvaiheissa todellisuudessa tehdään.

The screenshot shows a software application for work analysis. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Tiedosto, Muokkaa, Työkalut, Ikkuna, Ohje.
- Video Player:** Shows a worker performing a task. The video is titled 'Visualisointi'.
- Task Tree (Menetelmän rakenne):** A hierarchical list of tasks. The selected task is 'Tarkasta Suorasyrjä'.
- Työvaihe (Work Stage) Panel:**
 - Start:** 10764, **Stop:** 10764, **Kesto:** 0,0 s
 - Osa:** Haku...
 - Työkalu:** Suorasyrjä
 - Ohje:** Tarkasta Suorasyrjä
 - Toistot:** 1, ☐ Kerro toimintoanalyysillä
- Toimintoanalyysi (Action Analysis) Panel:**

Toiminto:	A	B	C	D	UOF	Sekuntikello
Tarkasta	2	2	4	0	2	21,0 s
- Hukka-analyysi (Waste Analysis) Panel:**

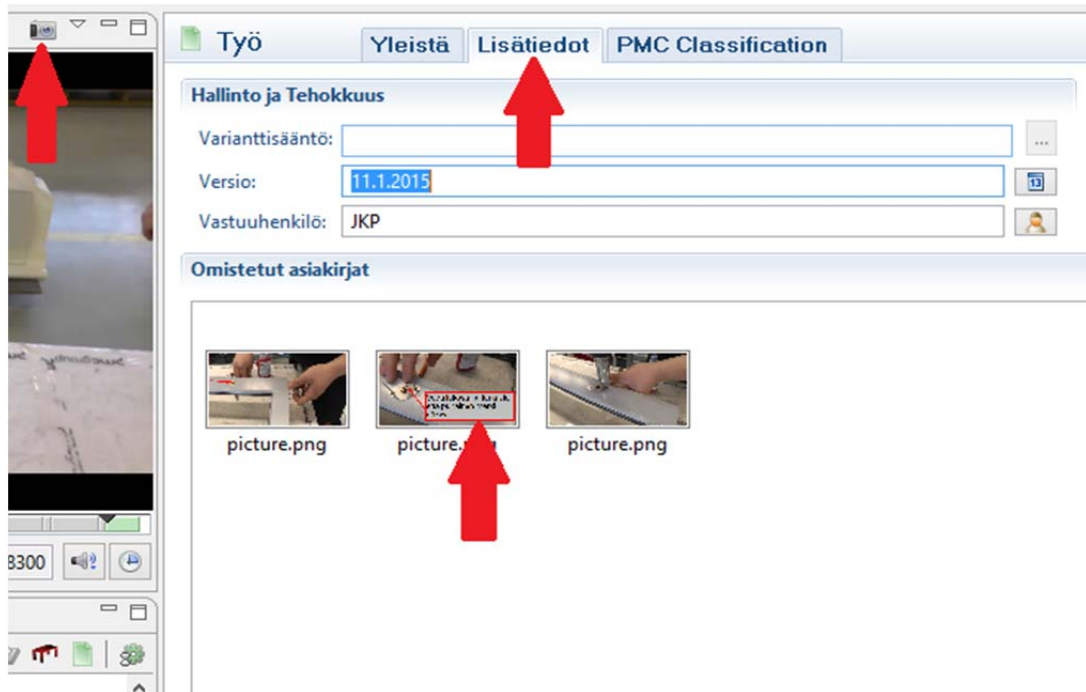
Askel:	Taivutus:	Venytys:	Kiertoliike:	UOF:	Sekuntikello liikkeitä varten:
12	0	2	4	2	38,0 s
- Menetelmän tulos (Method Result) Panel:**

Tulos "Tarkasta Suorasyrjä"

Kategoria	Aika	Prosentti
Hukka:	0,87 min	62%
Odutus:	0,00 min	0%
Tarpeellinen:	0,52 min	38%
Ei jalostavaa:	1,39 min	100%
Jalostava:	0,00 min	0%
Kokonaisaika:	1,39 min	
josta huonoa ergonomiaa:	0,09 min	7%

Kuva 6. Työtehtävien määrittely

Kun videosta leikataan kuvia työhjeeseen, ne otetaan suoraan filmistä, minkä jälkeen kuvat löytyvät kohdasta *Lisätiedot*. Sieltä kuvaa voi käydä muokkaamassa erilaisilla merkeillä, teksteillä ja monilla muilla apuvälineillä.



Kuva 7. Työohjeiden kuvien leikkaus ja muokkaus

Työvaiheille on lisätty oma luokitteluosio, jossa voidaan valita tarvittavat työturvallisuus- ja turvallisuusmerkit. Näille merkeille on varattu oma paikka omassa työohjepohjassa.

Kuva 9. PMC Classification valinta

Työohjeisiin voidaan laittaa kohdasta *Asiakirjat* suora linkki piirustuksiin, joihin ohje kuuluu. Näin piirustusten muutokset päivittyvät työohjeisiin, silloin kun piirustukset tallennetaan aina samaan paikkaan ja samalla nimellä.

pmcgroup

Työohje

Alue/Osasto:	Huittinen	Henkilö:		Variantti:	-
Linja:	Ovikokoonpano	Versio:	17.4.2015		
Työasema:	Ovilehtien kokoonpano: ovilehdille	Vastuu:	JP		

Asiakirjat:




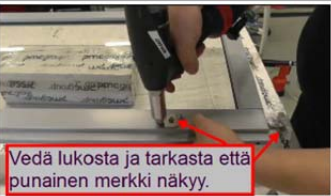
[DS0015083.PDF](#)
[DS0015084.PDF](#)
[DS0015087.PDF](#)
[DS0015088.PDF](#)
[DS0015091.PDF](#)

Linkit tuotteiden piirustuksiin

Kuva 10. Työohjeen kansikuva

PMC Polarteknikille suunniteltiin oma työohjepohja, joka on yrityksen tarpeiden mukainen. Työohjepohjaan on kuville suunniteltu vakio koko ja -paikka, niitä voi olla yhdessä osiossa yksi, kaksi tai kolme kuvaa.

pmcgroup

Työohje			
	Työ	Osat Nro Työkalut	Tiedot
	[10-260] Asenna lukko	[DS0012261] VÄÄNTÖPALA 1 kpl	Asenna lukko profiiliin, kiinnitä vääntöpala ja niittaa lukon pintalevy paikalleen.
		[DS0012260] LUKON PEITELEVY 1 kpl	
		[DS0012259] LUKKO 1 kpl	
		[W50-EASY] Niittipyssy	
	  		

Vedä lukosta ja tarkasta että punainen merkki näkyy.

Kuva 8. PMC Polarteknikin työohjepohja

Kun työohje on valmis, voidaan kohdasta *Menetelmän tulos* seurata, kuinka suuri osa työstä on hukkaa, odotusta, tarpeellista tai jalostavaa. Visuaalisuuden ansiosta voidaan nopeasti todeta, kuinka paljon työ on ollut lisäarvoa tuottavaa. Kuvassa 11 voi huomata, että kohdassa *Odotus* on 0 %, koska opinnäytetyön aikana ei ole käytetty odotus osiota vaan hukkaa, tarpeellista ja jalostavaa.



Kuva 11. Menetelmän tulos

Töiden toteuttamiselle on hyvä luoda selkeät pelisäännöt, jotta ohjeet ovat yhtenäisiä sekä helposti tutkittavissa ja vertailtavissa keskenään. Ohjeissa kannattaa käyttää samoja termejä, jotta ne ovat selkeästi verrattavissa toisiinsa.

4 Työn tulokset

Insinööri työn tavoitteena oli tutkia ovituotannon eri työvaiheiden työmenetelmiä ja luoda ovituotantoon työohjeistus AviX-ohjelmaa apuna käyttäen. Työohjeiden laadintaprosessin tuloksena voidaan todeta, että työohjeiden tulee olla helppokäyttöisiä; niiden tulee tukea kokoonpanotyötä ja työergonomiaa, läpimenoaikojen lyhentämistä ja laatuvirheiden eliminointia, sekä mahdollistaa systemaattisen palautteen antaminen kokoonpantavuudesta suunnittelulle.

4.1 Ohjeiden helppokäyttöisyys

Työohjeet ovat helppokäyttöisiä ja helposti muokattavissa, kun kokoonpanotyöhön tulee muutoksia. Mitä enemmän panostetaan tallennukseen ja ohjelmassa käytettäviin termeihin, sitä selkeämpiä ovat projektin seuraavat vaiheet. Kannattaa panostaa myös kokoonpantavien osien ja työkalujen kirjanpitoon. Mitä järjestelmällisemmät ja tarkemmat pohjatyöt projektin alussa tehdään, sitä helpompaa ja nopeampaa jatkokehitys tulee olemaan.

4.2 Kokoonpanotyön tukeminen

Kokoonpanotöiden kehittäminen on tärkeää osa tuotantoa. Tuotekehityksestä tulee jatkuvasti uusia osia ja tuotteita jotka pitäisi ottaa tarkemmin huomioon kokoonpanotöiden osalta. Pienikin muutos vanhoihin tuotteisiin voi aiheuttaa suuriakin muutoksia kokoonpanotöiden työjärjestykseen ja sen tehokkuuteen.

Työohjeet tukevat kokoonpanotöitä monesta eri suunnasta. Työohjeiden luonnin alkuvaiheessa tulee automaattisesti huomioitua useita kokoonpanoon liittyviä tekijöitä. Kokoonpanotyössä saadaan heti huomiota työjärjestyksestä sekä muun muassa työkalujen sijainnista ja säilytyspaikoista. Työturvallisuus kulkee myös automaattisesti työohjeiden luonnin mukana, mistä on aina hyötyä.

4.3 Ergonomian huomiointi

Ergonomia jää usein liian vähälle huomiolle kokoonpanotyössä. Kun uusia tuotteita tulee tai vanhoja muokataan, pitäisi kokoonpanotyön ergonomia ottaa huomioon. Sitä ei usein huomioida tarpeeksi työmenetelmiä muutettaessa. Työohjeita luotaessa tulee ergonomiaan kiinnitettyä huomiota automaattisesti. Myös tuotannon työntekijät kiinnittävät siihen huomiota, kun ohjeiden läpikäynti aloitetaan.

4.4 Läpimenoajan lyhentäminen

Läpimenoajan lyhentäminen on aina tavoitteena ja sitä pitäisi huomioida enemmän ja tarkemmin. Ohjeistuksella pyritään hakemaan selkeyttä, jolla läpimenoaika lyhenee huomattavasti.

Töiden läpimenoaikoja on selvitetty jo projektin alkuvaiheessa, ja töiden videokuvauksista eteenpäin ne alkavat tarkentua. Kun ohjeita luodaan, töiden työjärjestys, siisteys, ergonomia ja yleinen järjestelmällisyys tulevat huomioitua automaattisesti. Ohjeiden käyttöönoton ja tuotantoon tehtyjen muutostöiden jälkeen läpimenoajat ovat lyhentyneet jonkin verran. Läpimenoaikojen tutkiminen ja lyhentäminen ovat tästä eteenpäin helppo pitää työn alla.

4.5 Laatuvirheiden eliminointi

Laatuvirheiden eliminointi ja ennaltaehkäisy on tärkeä osa tuotteiden laadukkuuden ylläpitämistä. Asiakkailta tulee tarkkoja vaatimuksia ovijärjestelmien laadusta. Näihin laatuvaatimukseen pitää panostaa huolella. Eri maissa, joihin tuotteita toimitetaan on hallinnollisia rajoituksia, kuten kansalliset lait ja erilaiset direktiivit. Standardit ja normit rajaavat tarkemmin asiakkaiden vaatimusten lisäksi sen, millainen esimerkiksi järjestelmän tulee olla ja millaisia ominaisuuksia tuotteissa voi olla.

Lähes jokaiseen työtehtävään kuuluu laatuun liittyvä koulutus. Laatuvirheiden seurantaan on eri alueilla nimetty ja koulutettu vastuuhenkilöitä, jotka vastaavat eri osioiden laatuvaatimuksista. Laaturyhmä selvittää jatkuvasti, miten asiakkaiden vaatimuksia noudatetaan ja miten laatuvirheitä voidaan ennaltaehkäistä tulevista tuotteista. Tämän

AviX-työohjeistuksen ansiosta laatuvirheisiin ja niiden ehkäisemiseen on entistä helpompi kiinnittää huomiota.

4.6 Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö

Tuotteisiin tulee jatkuvasti muutoksia ja suunnittelijat muokkaavat ja päivittävät piirustuksia monista tuotteista. Muutoksista pitäisi informoida tuotannon työntekijöitä tehokkaammin ja tuotannon työntekijöitä tulisi kuunnella tarkemmin kokoonpanoon liittyvistä yksityiskohdista. Tähän tiedonkulkuun ja asioiden käsittelyyn tulisi hakea parannusta.

Työohjeita luotaessa huomioidaan suunnittelussa tehdyt muutokset ja mahdolliset virheet järjestelmällisesti. Näin tuotannon piirustusten kokoonpanosta voidaan antaa palautetta suunnitteluun systemaattisesti. Tämä on tärkeä asia tuotantotyön selkeyden ja tarkkuuden osalta. Kun suunnittelussa voidaan huomioida tuotteiden kokoonpano, se tekee tuotannosta tehokkaampaa.

4.7 Avixin soveltuvuus kokoonpanotyöhön

Lisäksi insinööritöön tarkoituksena oli selvittää AviX-ohjelman soveltuvuutta kokoonpanotyön kehittämiseen sekä siihen, kuinka ohjelmaa pystytään hyödyntämään prosessien havainnollistamiseen ja kehittämiseen.

PMC Polarteknikissä tehdyn kokoonpanotyön kehittämisen pohjalta voidaan todeta, että AviX soveltuu hyvin kokoonpanotöiden kehittämiseen, sekä prosessien havainnollistamiseen ja kehittämiseen. Työvaiheita ohjelmalla tutkiessa kiinnitetään huomiota työvaiheisiin sekä niiden työjärjestykseen. Niitä voidaan tarkastella Avixissa yksityiskohtaisemmin ja havainnoida tarkemmin kuin normaalisti työvaiheita tarkkailtaessa.

AviX Method -ohjelmalla tutkitaan tuotannon eri osa-alueiden osuuksia, joista selvitetään parannusmahdollisuuksia. Työmenetelmiä pystytään kehittämään rajattomasti. Tuotannon työmenetelmien kehittämisessä löytyy rajattomasti eri parannusmahdollisuuksia, joissa voidaan huomioida Avixilla muun muassa tuottavuus, järjestelmällisyys, siisteys, turvallisuus ja ergonomia.

Ohjelma on hyödyllinen tuki myös lean- ja 5S-menetelmien osalta. Kun 5S-menetelmää lähdetään toteuttamaan ja ylläpitämään, apuna voidaan käyttää myös AviX-ohjelmaa sekä siihen kuvattua videomateriaalia ja ohjeita. Ohjemateriaalia tutkimalla saadaan lisää näkökulmia 5S:n tueksi.

5 Tulosten jatkokehitysmahdollisuudet

Tuotantomenetelmien kehittämisessä on tiettyjä haasteita, jotka nousivat esiin työohjeiden laadinnan yhteydessä. Tuotannon kehittämismahdollisuuksien havainnollistaminen eri laskentamalleilla tuotti vaikeuksia. Kokoonpanotöihin tehdyistä muutoksista johtuen työohjeisiin jouduttiin tekemään muutoksia useita kertoja. Työohjeiden laadinnassa ja tuotannon työmenetelmien kehittämisessä yhden henkilön näkemys oli liian pieni. AviX-ohjelman eri moduulien tutkimiseen ei voitu panostaa riittävästi. Sekä tuotannon kehittämiseen ei pystytty nimeämään henkilöitä ja heille vastuualueita. Seuraavassa esitetään tarkemmin nämä haasteet ja niihin pohtimani ratkaisut, joilla parannettaisiin tuotantomenetelmien kehittämistä.

5.1 Tuotannon kehittämismahdollisuuksien havainnollistaminen ja tutkiminen

Työohjeiden laadintaprosessissa selvisi mahdollisuus tutkia tuotannon eri työvaiheiden osioita ja kehittämismahdollisuuksia, joita ei saanut suoraa AviX-ohjelmasta. Haasteena oli selvittää tuotannon kehittämismahdollisuuksien havainnollistaminen eri laskentamalleilla ja niistä saatujen tulosten tutkiminen. Insinöörityön tutkimusten perusteella voidaan todeta, että tarkempien tulosten selvittäminen ja niiden tutkiminen avaavat tuotannon seurantaan ja kehittämiseen lisää mahdollisuuksia. Tuotannon kehittämismahdollisuuksien tutkimista voidaan pitää tärkeänä osana tuotannon kehitystä.

Tuotannon kehittämismahdollisuuksia voidaan helposti tutkia AviX Methodista saaduilla tuloksilla.

Nykyinen myynti pienemmällä henkilöstömäärällä voidaan laskea saaduilla tuloksilla kokonaisajasta. Jakamalla poistettavissa olevan hukan osuus nykyisellä läpimenoajalla, saadaan hukan osuus, joka on poistettavissa.

$$\frac{(\text{Poistettavissa oleva hukan osuus})}{(\text{Nykyinen läpimenoaika})} = (\text{Poistettavissa oleva hukan kokonais aika} [\%])$$

Kaava 1. Poistettavissa oleva hukan osuus

Työntekijämäärä kerrotaan poistettavissa olevalla hukan prosenttiluvulla, jolloin saadaan vähennettävissä oleva henkilömäärä.

$$(\text{Työntekijä määrä}) \times (\text{Poistettavan hukan osuus}) = (\text{Vähennettävissä oleva hyl määrä})$$

Kaava 2. Työntekijätarve

Nykyisestä työntekijämäärästä voidaan vähentää vähennettävissä oleva määrä. Toisinsanoen voidaan tuottaa sama määrä tuotteita pienemmällä henkilöstömäärällä.

**Lisäämällä myyntiä samalla henkilöstömäärällä, voidaan laskea saaduista tulok-
sista seuraavat.**

Lasketaan tuotannon läpimeno aika.

$$\begin{aligned} & (\text{Alkuperäinen työaika [min]}) \times (\text{Kokoonpanotyöntekijöiden määrä}) \\ & = (\text{Läpimenoaika yhteensä [min]}) \end{aligned}$$

Kaava 3. Läpimenoaika yhteensä

Kun työmenetelmiä muutetaan, voidaan sama määrä tuotteita tuottaa pienemmällä henkilöstömäärällä. Yhteenlaskettu läpimenoaika jaetaan selvitetyllä parannetulla läpimenoajalla, hukan poiston jälkeen.

$$\begin{aligned} & \frac{(\text{Työntekijöiden työn läpimenoajat yhteensä [min]})}{(\text{Parannettu läpimenoaika [min]})} \\ & = (\text{Samassa ajassa tuotettujen tuotteiden määrä [kpl]}) \end{aligned}$$

Kaava 4. Samassa ajassa tuotettujen tuotteiden määrä

Uusi tuotantomäärä jaetaan vanhalla tuotantomäärällä, jolloin saadaan tulokseksi myynnin kasvu, joka voidaan toteuttaa samoilla henkilöstöresursseilla.

$$\begin{aligned} & \frac{(\text{Samassa ajassa tuotettujen tuotteiden määrä [kpl]})}{(\text{Kokoonpanotyöntekijöiden määrä [kpl]})} \\ & = (\text{Lisämyynti} \times 100 [\%]) \end{aligned}$$

Kaava 5. Lisämyynti

Näillä tuloksilla pystytään helposti päättämään eri kehitysmahdollisuuksia. Esimerkiksi, kun läpimenoaikoja on saatu supistettua, voidaan työntekijämäärää supistaa tai myyntiä lisätä.

5.2 Työvaiheiden tutkiminen ja kehitys ennen työohjeiden luontia

Työohjeita aloitettiin luomaan heti, kun pohjatyöt ohjeisiin oli saatu valmiiksi. Haasteena oli, että kokoonpanotöihin tehdyistä muutoksista johtuen jouduttiin työohjeisiin tekemään muutoksia useita kertoja. Työohjeita pystytään toki jatkuvasti muokkaamaan tuotteiden ja tuotannon muutoksien mukaan, mutta jos työvaiheita olisi ensin suunnitelmallisemmin työstetty, lopputulos olisi pienemmällä työllä hyödyllisempi ja selkeämpi. Insinööriyön tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että tuotantoprosessin työvaiheet tulee ensin suunnitelmallisesti tutkia ja kehittää ennen kuin työohjeita aloitetaan luomaan.

Ratkaisuna tähän haasteeseen esitetään, että ensin prosessissa olisi pitänyt lähteä analysoimaan työvaiheita, niiden järjestystä, hukan poistoa sekä työturvallisuutta ja ergonomiaa. Vasta näiden tutkimusten jälkeen olisi lähdetty luomaan yleisiä työohjeita esimerkiksi eri kokoonpanoalueille, tuotannonprojekteille ja laitteille. Kun seuraavia työvaiheita lähdetään ohjeistamaan, olisi parempi ensin tehdä laajempi tutkimus työvaiheista, työmenetelmistä ja työjärjestyksestä, myös ergonomia tulee huomioida. Näiden tutkimusten jälkeen voidaan tuotantoon tehdä tarvittavia pienempiä muutoksia, minkä jälkeen saadaan selkeämpää ohjeistusta ja työvaiheesta tuottavampaa.

5.3 Tuotannon kehittäminen ja tarvittavien muutostöiden selvittäminen

Työohjeita luodessa ja niiden tuloksia tutkiessa selvisi tuotannosta useita kohtia, jotka kaipaavat muutoksia. Haasteena oli, että työohjeisiin ja tuotannon työmenetelmien kehittämisessä yhden henkilön näkemys oli liian pieni. Kyllä tuotantoa pystytään kehittämään yhdenkin kehittäjän voimin, mutta kehitys on tehokkaampaa, kun siihen saadaan riittävästi työvoimaa. Insinööriyön tutkimusten perusteella voidaan todeta, että työohjeistukseen ja tuotantomenetelmien kehittämiseen tarvitaan vakituisia menetelmien kehittäjiä.

Ratkaisuna tähän haasteeseen esitetään, että ensin työohjeiden luontiin olisi pitänyt valita useampi henkilö ja heille järjestää AviX-ohjelman koulutus. Näiden valintojen ja koulutusten jälkeen tuotannon kehittäminen olisi tehokkaampaa. Kun työvaiheita

lähdetään tutkimaan, kehittämään ja ohjeistamaan useamman kuin yhden henkilön voimin, tulokset ja kehittäminen ovat tuottavampia.

5.4 AviX-ohjelman laajemmat käyttömahdollisuudet

AviX-ohjelman eri moduulien käyttömahdollisuuksia tutkiessa selvisi useita kohtia jotka kaipaavat kehitysmahdollisuuksien tutkimista. Haasteena oli, että muiden ohjelman moduulien tutkimiseen ei voitu panostaa riittävästi. Kehittämismahdollisuuksia pystytään helposti vain miettimään, mutta jos laajempi tutkimusmahdollisuus tulee, on siihen hyvä panostaa. Insinööriyön tutkimusten perusteella voidaan todeta, että tällaisissa tilanteissa kannattaa laajempaa tietoa ja samalla taitoa hankkia.

Ratkaisuna tähän haasteeseen esitetään, että AviX-ohjelman Balanse- ja FMEA-moduulien käyttömahdollisuuksien tutkimiseen kannattaisi myös panostaa. Näiden tutkimusten jälkeen olisi selkeämpi ja laajempi käsitys myös Balanse- ja FMEA-moduulien käyttömahdollisuuksista. Kun ohjelmien eri moduulien testikäyttömahdollisuuksia tarjotaan, pitää niistä heti hankkia laajempaa tietoa kehittämismahdollisuuksista, kun yksi moduuli on jo ostettu yritykselle.

5.5 Jatkuvan parantamisen ylläpitäminen

Työohjeiden kehittämisessä ja tutkimuksissa on myös tarkoitus huomioida jatkuvaa parantamista. Haasteena oli, että tuotannon kehittämiseen ei ole voitu nimetä henkilöitä ja heille vastuualueita. Jatkovaa parantamista voi pitää yllä silloin tällöin, mutta sen tehokkuus heikkenee silloin huomattavasti. Insinööriyössä tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että tuotannon kehittämiseen kannattaa käyttää aikaa ja 5S-menetelmää sekä panostaa sen ylläpitämiseen, ettei tuotannon kehittäminen jää vain ensimmäisiin vaiheisiin.

Ratkaisuna tähän haasteeseen esitetään, että tuotannon kehittämisessä lähdetään myös ylläpitämään jatkuvaa parantamista ja käytetään apuna esimerkiksi 5S-menetelmää. Kun seuraavan kerran tartutaan jatkuvaan parantamiseen, on tärkeä jakaa vastuualueet alkutilanteessa useammalle henkilölle ja varmistaa tuotannon jatkuva parantaminen.

6 Yhteenveto

Tämän insinööritoiminnan tilaajana toimi PMC Polarteknik Oy Ab:n Door Systems divisioonan Huittisten yksikkö. Tehdas kuuluu PMCgroup-konserniin, ja Huittisten yksikkö on keskittynyt ovijärjestelmätuotantoon sekä pneumatiikkatuotantoon.

Insinööritoiminnan tavoitteena oli tutkia ovituotannon eri työvaiheiden työmenetelmiä ja luoda ovituotantoon työohjeistus AviX-ohjelmaa apuna käyttäen. Työohjeiden laadintaprosessin tuloksena voidaan todeta, että työohjeiden tulee olla: helppokäyttöisiä; niiden tulee tukea kokoonpanotyötä; ohjeiden tulee tukea työergonomiaa, läpimenoaikojen lyhentämistä ja laatuvirheiden eliminointia; sekä mahdollistaa systemaattisen palautteen antaminen kokoonpantavuudesta suunnittelulle.

Lisäksi insinööritoiminnan tarkoituksena oli selvittää AviX-ohjelman soveltuvuutta kokoonpanotyön kehittämiseen sekä siihen, kuinka ohjelmaa pystytään hyödyntämään prosessien havainnollistamiseen ja kehittämiseen. PMC Polarteknikissä tehdyn kokoonpanotyön kehittämisen pohjalta voidaan todeta, että AviX soveltuu hyvin kokoonpanotöiden kehittämiseen ja havainnollistamiseen. Työvaiheita ohjelmalla tutkittaessa kiinnitetään huomiota työvaiheisiin sekä niiden työjärjestykseen. Niitä voidaan tarkastella Avixissa yksityiskohtaisemmin ja havainnoida tarkemmin kuin normaalisti työvaiheita tarkkailtaessa. Työmenetelmien kehittämisessä löytyy rajattomasti eri parannusmahdollisuuksia. Niissä voidaan huomioida Avixilla muun muassa tuottavuutta, järjestelmällisyyttä, siisteyttä, turvallisuutta ja ergonomiaa.

Lean ja 5S-käsitettä oli tarkoitus lisäksi insinööritoiminnan aikana tuoda tunnetuksi yritykselle, sekä tutkia ja selkeyttää työtehtäviä, jotta tuotannon läpimeno saadaan yrityksessä selkeämmäksi ja tehokkaammaksi. AviX-ohjelma on hyödyllinen tuki myös Lean- ja 5S-menetelmien osalta. Kun 5S-menetelmää lähdetään toteuttamaan ja ylläpitämään yrityksessä, apuna voidaan käyttää myös AviX-ohjelmaa, sekä siihen kuvattua videomateriaalia ja ohjeita. Työohjemateriaalia tutkimalla saadaan lisää näkökulmia 5S:n tueksi.

Tuotantomenetelmien kehittämisessä on tiettyjä haasteita, jotka nousivat esiin työohjeiden laadinnan yhteydessä. Ensimmäisenä haasteena oli tuotannon kehittämismahdollisuuksien havainnollistaminen eri laskentamalleilla ja niistä saatujen tulosten tutkiminen. Insinööritoiminnan tutkimusten perusteella voidaan todeta, että tarkempien tulosten selvittäminen ja niiden tutkiminen avaavat tuotannon seurantaan ja kehittämiseen lisää

mahdollisuuksia. Tuloksia voi helposti tutkia AviX Methodista saaduilla tuloksilla. Mahdollisuutta näiden tulosten tutkimiseen tulisi pitää tärkeänä osana tuotannon kehittämistä. Toisena haasteena oli, että kokoonpanotöihin tehdyistä muutoksista johtuen työohjeisiin jouduttiin tekemään muutoksia useita kertoja. Tämä haaste voitaisiin ratkaista niin, että kun seuraavia työvaiheita lähdetään ohjeistamaan, niin ensin pitää tehdä laajempi tutkimus työvaiheista, työmenetelmistä ja työjärjestyksestä. Näiden tutkimusten jälkeen voidaan tuotantoon tehdä tarvittavia pienempiä muutoksia, minkä jälkeen saadaan luotua selkeämpää ohjeistusta ja työvaiheesta tuottavampia.

Kolmantena haasteena oli, että työohjeiden laadinnassa ja tuotannon työmenetelmien kehittämisessä yhden henkilön näkemys oli liian pieni. Työohjeiden luontiin tulisi valita useampi henkilö ja heille pitäisi järjestää AviX-ohjelman koulutus. Kun työvaiheita lähdetään tutkimaan, kehittämään ja ohjeistamaan useamman kuin yhden henkilön voimin tulokset ja kehittäminen on tehokkaampaa ja tuottavampaa. Neljäntenä haasteena oli, että AviX-ohjelman eri moduulien tutkimiseen ei voitu panostaa riittävästi. Tämä ongelma voitaisiin selvittää niin, että AviX-ohjelman Balanse- ja FMEA moduulien käyttömahdollisuuksien tutkimiseen myös keskittyttäisiin. Kun ohjelmien eri moduulien testikäyttömahdollisuuksia tarjotaan niin pitää niiden kehittämismahdollisuuksista tutkia tarkemmin, kun yksi moduuli on jo ostettu yrityksen käyttöön. Viidentenä haasteena oli, että tuotannon kehittämiseen ei pystytty nimeämään henkilöitä ja heille vastuualueita. Tämä haaste voitaisiin ratkaista niin, että tuotannon kehittämisessä lähdetään myös ylläpitämään jatkuvaa parantamista ja käytetään apuna esimerkiksi 5S menetelmää. Kun seuraavan kerran tartutaan jatkuvaan parantamiseen, on tärkeä jakaa vastuualueet alkutilanteessa useammalle henkilölle ja varmistaa tuotannon jatkuva parantaminen.

Insinööritöiden tulosten perusteella AviX-videoanalyysiohjelmisto havaittiin yritykselle hyödylliseksi työkaluksi kokoonpantavuuden ja tuotannon kehittämiseen. Insinööritöiden aikana tehtiin runsaasti työtä, että AviX-ohjelmasta saatiin luotua tehokas työväline yrityksen tarpeisiin. Tässä suunnittelutyössä edistytettiin ja näin työohjeiden muokkaaminen yrityksen omiin tarpeisiin onnistui hyvin. AviX-ohjelmalla työohjeita kehittäessä huomioitiin useita eri tarpeita tuotannon työmenetelmien kehittämiseen. Työn aikana havaittiin 5S -menetelmän ja layout-muutosten tarpeellisuus. Tästä huomiosta alkoi kehittyä yrityksen layout-muutosten suunnittelu saapuvan tavaran päästä lähettämöön ja sieltä pakkaukseen asti. AviX-ohjelmisto on helppokäyttöinen, ja se sisältää useita ominaisuuksia yrityksen kokoonpanotyön analysoimiseen ja kehittämiseen.

AviX-ohjelmisto on verrattain uusi työväline Suomessa. Insinööritulosten perusteella voidaan todeta, että AviX-Methodista on hyötyä tuotannon kehittämiseen ja havainnollistamiseen, sekä työohjeiden luomiseen. Koska tuotannon kehityksen tarkoituksena on saada aikaan pitkäkestoisia ratkaisuja yrityksen toimintaan, mielenkiintoinen aihe uudelle insinöörityölle olisi selvittää AviX-ohjelman Balanse- ja FMEA-moduulien käyttöä tuotannon kehittämiseen.

Lähteet

1. Avix_4.0_FMEA_ENG_Web.pdf. 2015. Avix ohjelma osioiden esite.
2. Solme. Avix-Method. [Online]. Available from:
http://www.solme.se/fileadmin/user_upload/en/documents/Product_sheets/Avix_4.0_Method_ENG_Web.pdf
3. Solme. Youtube Avix-Mhetod. [Online].; 2015 [AviX Method - Time and Motion Software]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=bS6qTibYqiU>
4. isixsigma.com. www.isixsigma.com. [Online]. [cited 2015 Lokakuu. Available from:
<https://www.isixsigma.com/tools-templates/fmea/quick-guide-failure-mode-and-effects-analysis/>
5. (Rose-Hulman) DS. Introduction to Design for (Cost Effective) Assembly and Manufacturing. [Online].; 2002 [cited 2015. Available from:
<http://me.gatech.edu/files/capstone/L071ME4182DFA>
6. Stark J. A FEW WORDS ABOUT DFA AND DFM. [Online].; 1998 [cited 2015. Available from: Copyright 1998 by John Stark
7. Solme. Avix_4.0_DFX.; 2015 [Avix_4.0_DFX_ENG_Web.pdf].
8. Olli N. Ollin tuumailut. [Online].; 2015 [cited 2015 [Lean - asiakas edellä, tehokkuus ja vaikuttavuus tappiin, virheet minimiin, päivitys]. Available from:
<http://ollintuumailut.blogspot.fi/2015/06/lean-asiakas-edella-tehokkuus-ja.html>
9. Oy MMCS. Lean-sanasto. [Online].; 2012 [cited 2015. Available from:
<http://leaniksi.fi/lean-sanasto/>
10. Solme. Avix-case. [Online]. Available from:
http://www.avix.eu/fileadmin/user_upload/Documents/Success_stories/AviX_SAPA_Heat_Transfer_Case_SWE.pdf

11. six-sigma-material. six-sigma-material. [Online].; 2015 [cited 2015. Available from:
<http://www.six-sigma-material.com/Line-Balancing.html>
12. Solme. Avix 4.0 Balance. [Online].; 2015 [cited 2015. Available from:
http://www.solme.se/fileadmin/user_upload/en/documents/Product_sheets/Avix_4.0_Balance_ENG_Print.pdf
13. Työterveyslaitos. Työhyvinvointi kannattaa myös taloudellisesti. [Online].; 2015 [cited 2015. Available from: <http://www.ttl.fi/fi/tyohyvinvointi/tuottavuus/sivut/default.aspx>
14. Solme. Avix 4.0 Ergo. [Online].; 2015 [cited 2015. Available from:
http://www.solme.se/fileadmin/user_upload/en/documents/Product_sheets/Avix_4.0_Ergo_ENG_Web.pdf
15. Likes J. Toyotan tapaan. Esimmäinen painos ed. Helsinki: Readme.fi; 2006.
16. Natalie J. Sayer BW. www.dummies.com. [Online].; 2015. Available from:
<http://www.dummies.com/how-to/content/lean-for-dummies-cheat-sheet.html>
17. Ceriffi. [Online].; 2015 [cited 2016 Heinäkuu. Available from:
<http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa>
18. Tuominen K. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen- 5S Helsinki: Readme.fi; 2010.
19. 5S-vihko: Metalliteollisuuden kustannus Oy; 2001.
20. James P.Womack DTJDR. The Machine That Changed The World. [Online].
Available from:
https://dl1.cuni.cz/pluginfile.php/218097/mod_resource/content/0/womack_the_machine_that_changed_the_world.PDF

